

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕДОВЫХ НАНО-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КРАСНОДАРСКОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ

Одним из регионов России, где наиболее активно проявляются метеорологические явления, представляющие опасность для населения и хозяйства, является Краснодарское Причерноморье. Здесь наблюдаются сильные туманы, интенсивные снегопады, грозы, катастрофические выпадения града, смерчи. Более того, в настоящее время сельское хозяйство терпит большие убытки из-за того, что градобития уничтожают порой не только урожай, но и сами растения на огромных территориях.

В настоящее время, для защиты от града осуществляется более 50 проектов в 25 странах мира, в которых применяется засев градовых облаков кристаллизующим реагентом (AgI) с помощью ракетных, артиллерийских, авиационных и наземных генераторов. Основным инструментом воздействия при этом являются средства доставки реагента. Созданы различные средства активного воздействия на гидрометеорологические процессы, среди которых наиболее эффективными оказались способы доставки активного реагента непосредственно в зону воздействия ракетами (реактивными снарядами).

Наиболее высокую эффективность имеет российская ракетная технология защиты от града. Ее применение в 8 республиках бывшего СССР в период (1981-2000 гг.) обеспечило статистически значимое сокращение потерь от града в 7 раз. Затраты на проведение защиты окупались от 5 до 15 раз в зависимости от ценности защищаемых культур (хлопок, табак, сады, виноград, овощи, пшеница, подсолнечник и т.п.). Кроме того, применение технологии позволило сократить в 2-3 раза продолжительность градовых штормов и связанных с ними опасных гроз, шквального ветра и интенсивных ливневых дождей, приводящих к лесным пожарам, повреждению линий электропередачи и эрозии почвы.

Физической основой этой технологии является ускорение осадкообразования в областях будущего градообразования. Преждевременное стимулирование осадков из областей нового роста облаков приводит к их разрушению и прерыванию процесса зарождения и роста града. С этой целью технология предусматривает автоматизированное радиолокационное обнаружение и распознавание градовых, градоопасных и потенциально градоопасных облаков, выделение в них объемов будущего градообразования и внесение в них кристаллизующих реагентов с помощью противорадовых ракет.

В существующей технологии используются ракеты типа «Алазань-5» - оперенный неуправляемый реактивный снаряд калибра 82,5 мм. Ракета имеет двухрежимный двигатель (с паузой 6 сек. между режимами), головную часть, снаряженную пиротехническим составом кристаллизующего действия и ликвидатор. Наличие двух режимов работы двигателя обеспечивает пологие траектории ракет и внесение реагента в заданный облачный слой. Ракета транспортирует 630 г пиросостава, диспергируя его по трассе полета в течение 35 секунд. Длина трассы засева достигает 6 км при достаточно высокой концентрации льдообразующего аэрозоля. Безопасность применения ракеты в густонаселенных районах обеспечивается дроблением корпуса на безопасные осколки после окончания засева.

Однако, достигнутая в ракетах "Алазань" вероятность их безопасного применения для населения (0,9995) оставляет возможность нанесения повреждений людям и хозяйственным постройкам, находящимся на защищаемой территории, как падающими корпусами ракет с зарядом взрывчатого вещества, остающимся при отказе системы самоликвидации, так и отдельными фрагментами разрушенных ракет, поскольку их размеры и масса не лимитируются и могут варьировать в зависимости от величин действующих на ракету факторов.

При достигнутом странами СНГ среднегодовом расходе более 187500 противораковых ракет это может составить свыше 94 несчастных случаев в год, что является существенным недостатком. Кроме того, имеется возможность использования этих ракет с зарядом взрывчатого вещества не по своему прямому назначению в локальных конфликтах.

На основе математического моделирования развития аномально-неустойчивых физико-химических процессов в твердотопливных пиротехнических газогенераторах, совместно с ФГУП "Пермский завод им. С.М.Кирова", нами была разработана технология рассеивания туманов, борьбы с градом, ослабления смерчей (торнадо) и других вихревых образований в атмосфере [1].

В данной технологии [1] для активного целенаправленного воздействия на крупномасштабные пространственно-временные вихревые структуры в атмосфере используются микро-колебания, генерируемые пространственно-временными микро-структурами на поверхности горения энергетической конденсированной системы (ЭКС) и многократно усиленные в акустической полости канала твердотопливного активного элемента. Программируя воздействие на микро-уровне (управляя микро-колебаниями, генерируемыми пространственно-временными структурами на поверхности горения ЭКС) имеется возможность управлять многократно усиленным активным воздействием на макро-уровне - активным воздействием на крупномасштабные пространственно-временные вихревые структуры в атмосфере.

Фундаментальная закономерность возбуждения структур физических полей, нано- и микро-структур в волне горения газифицирующихся ЭКС изучается более четырех десятилетий. Впервые концепция формирования очаговых структур на поверхности горения газифицирующихся ЭКС – концепция очагово-пульсирующего горения была предложена К.И. Синаевым в 1968 году. До сих пор, научная проблема, связанная с адекватным пониманием механизма развития этого явления и с причиной возбуждения неустойчивости на поверхности горения ЭКС является не решенной. Суждения о сущности аномалий горения ЭКС отрывочны, разрозненны и местами противоречивы. Обширные экспериментальные данные, полученные рядом исследовательских групп – Новожилов Б.В. (ИХФ им. Н.Н.Семенова РАН, г. Москва), Маршаков В.Н. (ИХФ им. Н.Н.Семенова РАН, г. Москва), Архипов В.А., Бондарчук С.С. и Ворожцов А.Б. (Томский государственный университет и Институт проблем химических и энергетических технологий СО РАН), Зарко В.Е. и Гусаченко Л.К. (Институт химической кинетики и горения, СО РАН, Новосибирск), Коробейничев О.П. и Палецкий А.А. (Институт химической кинетики и горения, СО РАН, Новосибирск), Ярушин С.Г. (Пермский государственный технический университет, г. Пермь) и ОКБ "Темп" ПГТУ, г. Пермь), Рашковский С.А. (ИПМ РАН, г. Москва), Пивкин Н.М. (ФГУП НИИПМ, г. Пермь) показали сложную и неоднозначную природу данного явления.

Экспериментальные исследования показали, что явление очагово-пульсирующего горения характерно для большинства газифицирующихся ЭКС. В частности, было установлено, что явление очагово-пульсирующего горения развивается независимо от свойств и структуры конкретной ЭКС. Причем, размеры очагов горения не связаны с размерами компонентов а также с размерами и структурой исследуемого образца ЭКС.

В рамках классической теории горения, механизм возбуждения и развития этого явления не находит адекватного объяснения. Реальность существования указанной фундаментальной закономерности подтверждена большим объемом экспериментальных данных, независимо полученных различными исследовательскими группами как в России, так и в ряде зарубежных стран, и на данный момент не вызывает сомнений. Очевидно, можно говорить о фундаментальной закономерности, определяющей процессы горения ЭКС: явление формирования пространственно-периодических макро- и микро- структур имеет универсальный характер [2].

Нано- и микро- структуры на поверхности горения ЭКС являются источником неустойчивости физико-химических процессов в волне горения ЭКС и определяют закономерности горения ЭКС. Согласно новой концепции, предложенной в работе [2], такие микро-структуры образуются при нагреве тонкого жидко-вязкого слоя ЭКС сверху и возникновении термо-электрического поля, которое вызывает термо-электрическую пространственно-периодическую конвекцию. Пространственно-периодические микро-структуры, периодически возникающие в жидко-вязком слое ЭКС, вступают во взаимодействие с зоной горения и вызывают локальные изменения площади поверхности горения и интенсивности тепловыделения с разных участков поверхности горения.

Разрабатываемая нами новая технология активного воздействия на гидрометеорологические процессы является дальнейшим развитием технологии, предложенной в работе [1] и предполагает использование принципиально-нового пиротехнического средства доставки реагентов. Отличительной особенностью нового пиротехнического средства доставки реагентов является мобильность. При необходимости оно может быть доставлено в любой горный район на простейшем транспортном средстве. Средство доставки также может быть эффективно использовано в составе существующих комплексов активного воздействия на атмосферные процессы.

За счёт упрощения конструкции, предлагаемое средство доставки реагента намного компактней, проще и дешевле известных противорадиационных ракет. По сравнению с используемыми в настоящее время и отработываемыми противорадиационными ракетами, в предлагаемом устройстве не требуется размещать заряд для самоликвидации (ракета "Алазань") или парашют (ракета "Алан"). Устройство невозможно использовать в локальных конфликтах. Кроме того, для запуска устройства не нужна сложная пусковая установка с обслуживающим специально обученным персоналом.

Разрабатываемое средство доставки может содержать две или три ступени, что существенно усиливает эффективность воздействия. Вторая и последующие ступени могут использоваться для инъекции в облачное пространство реагента (йодистое серебро) и для генерации акустических колебаний обеспечивающих усиление эффекта коагуляции.

Дополнительные возможности использования разрабатываемой технологии для интенсификации воздействия на гидрометеорологические процессы связаны с иницированием искусственных молний в атмосфере путем создания протяженных плазменных каналов. В частности, иницирование искусственных линейных молний позволяет создавать в облачном пространстве дополнительные ядра кристаллизации, уменьшать размер градин и тем самым предотвращать градобитие. Уменьшение размера градин достигается благодаря замерзанию переохлажденных капель, находящихся в зонах зарождения и роста града, под действием напряженности электрического поля в стримерной зоне лидера иницируемой молнии, достигающей величины 300 - 500 кВ/м, и при коагуляции капель с кристалликами льда, образующимися на превращающихся в льдообразующие ядра аэрозольных частицах атмосферы при их зарядении в отрицательном избыточном объемном заряде, который внедряется лидером отрицательной молнии в облачное пространство.

С целью подтверждения эффективности функционирования предлагаемого пиротехнического средства доставки реагентов намечена комплексная программа испытаний.

Применение данной технологии позволит существенно повысить экологическую безопасность Краснодарского Причерноморья - обеспечить надежную защиту от возникновения градовых штормов и связанных с ними опасных гроз, шквального ветра и интенсивных ливневых дождей, приводящих к повреждению сельскохозяйственных культур, лесным пожарам, повреждению линий электропередачи, эрозии почвы, возникновению оползней и селей в горных районах.

Указанная новая технология может быть использована в целях повышения экологической безопасности региона – для комплексной защиты территории г. Сочи и Туапсинского района от неблагоприятных атмосферных явлений. В частности, предполагается, что использование данной технологии позволит повысить уровень экологической безопасности Краснодарского Причерноморья во время проведения Зимней олимпиады в г. Сочи (2014 г.).

Программа предполагаемой НИР:

1. Разработка новых конструктивных схем твердотопливных активных элементов с использованием активных компонентов в нано-размерном состоянии;
2. Патентование разработанных конструктивных схем твердотопливных активных элементов;
3. Математическое моделирование развития внутрибаллистических процессов и внешнебаллистических параметров при функционировании твердотопливных активных элементов;
4. Лазерная диагностика формирования и развития нано- и микро-структур на поверхности горения твердотопливного активного элемента;
5. Выполнение серии натурных испытаний разработанных твердотопливных активных элементов для регистрации параметров траектории с использованием GPS-датчиков;
6. Выполнение серии натурных испытаний для оценки эффективности активного воздействия на гидрометеорологические процессы.

Литература

1. Патент РФ № 2169228, МКИ Е 01 Н 13/00, А 01 G 15/00, Способ воздействия на атмосферные явления / Пивкин Н.М., Пелых Н.М., Липанов А.М., Лукин А.Н., Аликин В.Н., Пивкин А.Н., Кузьмицкий Г.Э. - Заявл. 12.04.1999, Заявка 99107267/13, Опубл. 20.06.2001, Бюл. № 17. Патентообладатель - Федеральное государственное унитарное предприятие "Пермский пороховой завод им.С.М.Кирова".
2. Lukin, A.N., Universal Law of the Spatial-Periodic Nano- and Micro-Structures Excitation During the Transient Combustion of Energetic Materials, *International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion*, Begell House, Inc., New York, vol. 6 / issue 1, 2007, pp. 119-142.